



# Institutionen för skogsskötsel

Examensarbeten  
2006-1

---

## **Jämförelse mellan maskinell markberedning/plantering med EcoPlanter och manuell plantering efter konventionell harvning**

**- Etablering och tillväxt i tall- och granbestånd  
7-9 år efter plantering i Östergötland**

*Comparison between mechanical scarification/planting  
with EcoPlanter and manual planting after conventional disc trenching*

*- Establishment and growth in Scots pine and Norway spruce stands  
7-9 years after planting in the county of Östergötland*

Pär-Ragnar Frank

Examensarbete i ämnet skogshushållning

Handledare: Urban Bergsten

Examinator: Tomas Nordfjell

---

Institutionen för skogsskötsel  
Sveriges lantbruksuniversitet  
Umeå 2006

## Sammanfattning

I skogsbruket ställs ständigt krav på effektiviseringar och ökad tillväxt. Samtidigt efterfrågas, via certifieringskrav, lagändringar och opinionsyttringar, ett skonsammare skogsbruk med ökad miljömedvetenhet och ett mer hållbart nyttjande av skogen som resurs.

Syftet med detta arbete är att kvantifiera etablerings- och långsiktigt tillväxtresultat efter användning av det miljömässigt skonsamma markberednings- och planteringskonceptet EcoPlanter, som Holmen Skog AB använt praktiskt i ungefär ett decennium. Studien omfattar 14 EcoPlanterföryngrade bestånd som planterades mellan åren 1996-1998 i Östergötlands län. Till vart och ett av dessa bestånd valdes ett referensbestånd, med likartade yttre förutsättningar, som föryngrats genom harvning och manuell plantering. Hälften av de 28 bestånden är planterade med tall och hälften med gran. Arbetet gjordes som en jämförande studie totalt sett mellan de två föryngringsmetoderna, men även parvisa analyser utfördes för att studera ev. skillnader mellan ett EcoPlanterföryngrad bestånd och dess referensbestånd. Inom varje bestånd slumpades fem provytor ut (100 m<sup>2</sup>, radie på 5,64 m), på dessa valdes två provträd ut av de planterade respektive självföryngrade träden. Träd inom provytan med högst tillväxt valdes som provträd för att kunna kvantifiera tillväxtpotentialen. På provträden mättes höjd, diameter (20 cm höjd) och skottlängd de tre senaste växtsäsongerna samt antal toppskott med störd apikal dominans. På ytorna mättes även beståndets medelhöjd för planterade och självföryngrade träd samt antalet självföryngrade barr- och lövstammar per ha. Även antalet frästa planteringspunkter och avståndet mellan harvspåren skattades för EcoPlanterföryngrade respektive harvföryngrade bestånd för att kunna bedöma antalet planterade plantor.

I studien framkom inga signifikanta skillnader totalt sett mellan de två föryngringskoncepten, varken avseende plantantal/ha, höjd, diameter eller toppskottstillväxt för inventeringsåret. Inte heller antalet självföryngrade barr- och lövstammar per ha skilde sig totalt sett mellan de båda föryngringsmetoderna, däremot upptäcktes skillnader mellan vissa av de enskilda paren. Dessa skillnader visade dock ingen trend, varken för tall eller för gran, som talar till fördel för någon av de båda föryngringsmetoderna. Den långsiktiga tillväxten verkar bli nästan identisk för de två jämförda koncepten eftersom höjdtvecklingskurvorna för föryngringsmetoderna under de senaste fyra växtsäsongerna var mycket lika. Stamrakheten och graden av apikal dominans hos provträden var heller inte påverkade av föryngringsmetoden. Trädslagen skiljde sig åt (oavsett föryngringsmetod), främst p.g.a. att tallbestånden var hårt ansatta av viltbete vilket resulterat i nedsatt tillväxt, och försämrad stamkvalitet vilket torde ge betydande effekter på det framtida ekonomiska resultatet.

Tall- och granbestånd som föryngrats för 7-9 år sedan med EcoPlanter-konceptets skonsamma markpåverkan (ca 10 %) verkar alltså få likvärdig tillväxt som konventionellt harvade/-planterade bestånd (ca 50 % markpåverkan). Detta tyder på en likvärdig långsiktig produktion mellan de båda föryngringsmetoderna. Föryngringsresultat lever väl upp till de krav som Skogsvårdslagen ställer angående krav på etablering av ny skog. Dessutom motsvarar EcoPlanter-konceptet både certifieringssystemets PEFC och Skogsvårdslagens uttalade önskan om minimal markpåverkan efter skogsbrukets aktiviteter. Att EcoPlanter-konceptet ger likvärdigt resultat som föryngring efter harv, vad gäller antalet självföryngrade barr- och lövstammar per hektar, medför möjligheter gällande kompletteringsplantering i bestånd med ojämn självföryngring (främst avseende tallbestånd i denna studie). Därigenom bör man kunna skapa bestånd med högt stamantal och reducerad föryngringskostnad, vilket är i linje med Holmen Skog AB:s mål.

## Summary

In forestry there is a continued desire to increase productivity/effectiveness and biomass growth. At the same time there are demands from society, via certification agreements, laws and pressure from public opinion, towards more sustainable forest management. The purpose of this work was to quantify establishment and long-term growth results after using the mechanised, but environmentally gentle, scarification/planting concept EcoPlanter that has been used by Holmen Skog AB during the last decade. The study consists of 14 stands that where regenerated with EcoPlanter during the years of 1996 and 1998 in Östergötland county. To each one of these stands a reference stand was chosen, i.e., a stand that was planted manually after disc trenching. Of the 28 stands, half were planted with Norway spruce and half with Scots pine. The comparison was made between the two methods overall, but pair-wise analyses were also done to study if there were any differences between a single stand regenerated with EcoPlanter and its reference stand. For each stand were five sample plots randomly chosen, (100 m<sup>2</sup>, with a radius of 5.64 m) and two planted as well as two naturally regenerated trees measured. Trees with the highest growth rate were chosen as sample trees to quantify the growth potential. Height, diameter (20 cm height) and top-shoot length for the three latest growing periods were measured, and the number of top-shoots with disturbed apical dominance was registered. The mean height was measured for each method (both for planted and naturally regenerated) and the number of planted and naturally regenerated conifers and broadleaves per ha were counted. The number of scarified planting spots per ha (EcoPlanter) and the number of scarified tracks (disc trencher) per ha was estimated as well.

No significant differences were found overall between the two regenerations methods regarding number of saplings per ha, height, diameter and top-shoot length at the year of inventory. Furthermore, there were no differences overall in number of naturally regenerated conifer- and broadleaf stems per/ha between the two regenerations methods. There were some differences between the individual pairs but these differences did not depend on the regeneration methods, neither for the pine nor the spruce stands. Since the height development curves were very similar to each other, the long term growth for the two compared regenerations methods seems to be almost identical. Also, the regeneration method did not influence on stems straightness or on disturbance of apical dominance. The major difference between the species was that the pine stands had been seriously damaged by browsing animals. The result of the browsing is reduced growth and wood quality and probably an economical loss in the future.

In conclusion, regeneration of Norway spruce and Scots pine by using the EcoPlanter, with its gentle scarification (approx 10% soil surface disturbance), gives similar establishment and long-term growth as regeneration by conventional disc trenching manual planting (approx. 50 % soil surface disturbance). The EcoPlanter-concept corresponds well to demands by society on sustainable forest management (cf. the Swedish Forest Act and certification systems as PEFC and FSC). Since the EcoPlanter-concept shows similar results as the conventional method regarding the number of naturally regenerated conifer and broadleaf stems per hectare, it seems possible to use the concept for complementary planting in stands with rich but uneven natural regeneration (in this study especially in pine stands). It should thus be possible to create stands with a high number of stems to a reduced cost, just in line with the intentions of Holmen Skog AB.

## Innehållsförteckning

1. Inledning	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Studerade föryngringskoncept	7
1.2.1 Harvning och manuell plantering	7
1.2.2 Markberedning och plantering med EcoPlanter	7
1.3 Hypotes och frågeställningar	9
2. Material och metodik	11
2.1 Material och inventeringsmetodik	11
2.2 Analyser och beräkningar	12
3. Resultat	13
3.1 Planterad gran	13
3.2 Planterad tall	15
3.3 Självföryngring	17
3.4 Höjdtutveckling för provträd	19
3.5 Apikal dominans för provträd	20
4. Diskussion	21
4.1 Metodik	21
4.2 Etablering	21
4.3 Tillväxt	22
4.4 Holmen Skog AB:s mål	23
4.5 Teknisk utveckling av EcoPlantern och framtida biologiskt resultat	24
5. Slutsatser	25
6. Tack	26
7. Referenser	27
Bilaga 1	30
Bilaga 2	31

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Skogsbrukets strävan att förenkla och effektivisera förnyngsarbetet med hjälp av mekaniska hjälpmedel har pågått sedan slutet av 1800-talet. Det första kända planteringsaggregatet konstruerades i slutet av 1880-talet av farmaren Thomas A. Stratton i Nebraska USA. Aggregatet var hästdrivet och användes för att plantera läbälten på prärien (Bäckström 1978 b). Utvecklingen avstannade sedan och kom inte igång förrän den stora depressionen på 1930-talet, då flera typer av aggregat användes i USA för plantering i syfte att förhindra jordflykt (Bäckström 1978 a). Under andra världskriget rådde arbetskraftsbrist både i USA och Europa beträffande skogsodling. Detta ledde till att flera typer av mekaniserade aggregat konstruerades, vissa av dessa aggregat var ännu i drift under 1970-talets senare del (Bäckström 1978 a).

I Sverige startade utvecklingen av mekaniserad plantering 1965 genom att Skogshögskolan påbörjade projektet "Operation maskinplantering". Under 1971 startade forskningsstiftelsen Skogsarbeten projektet "Maskinell plantering". Inom dessa två projekt konstruerades, utvecklades, testades och analyserades planteringsmaskiner under hela 1970-talet. I slutet på 1970-talet var utvecklingsarbetet med maskinella planteringssystem i full gång, och bland de starkaste argumenten för denna utveckling var, enligt Bäckström (1978 a) att:

- Manuellt planteringsarbete ofta var tungt och tvunget att utföras under ogynnsamma väderleksförhållanden.
- Urbaniseringen hade kommit igång och risken fanns att det skulle bli brist på arbetskraft för det geografiskt spridda skogsbruket.
- Rationaliseringen och mekaniseringen inom skogsbruket hade gjort det svårt att under sommarmånaderna föra över folk från avverkning till planteringsarbete.
- Kostnaden för arbetskraft steg snabbt.
- Den årliga arealen som skulle förnygras ökade liksom arealen ny skogsmark.

Några slutsatser från slutet av 1970-talet var att mekaniserad markberedning och plantering skulle göras vid samma tillfälle för att minska kostnaderna. Maskinerna skulle framföras kontinuerligt och inte intermittent. De sistnämnda maskinerna hade för låg prestation och för hög kostnad jämfört med de kontinuerligt framryckande. De planteringsmaskiner som hade kranarmar som utförde planteringsarbetet sågs ej som lönsamma att satsa på (Bäckström 1978 b). De första markberedarna som utvecklades för skogsodling var vidareutvecklade jordbruksplogar (Bäckström 1978 b). Dessa plogar konstruerades för att framrycka kontinuerligt och forcera hinder som t.ex. hyggesrester och rötter (Bäckström 1978 b). Dessa maskiner ansågs vara både kostnadseffektiva och lönsamma, vilket gjorde att utvecklingen fortsatte att fokuseras på dessa kontinuerliga markberedare. Med denna typ av radikal bearbetning kunde planteringspunkter skapas även på fuktigare marker tack vare plogfårornas dränerande funktion (Mattsson 1999). Under den här tiden var miljömedvetenheten och hänsynstagandet av underordnad betydelse. När den nya skogsvårdslagen kom 1979 ställdes högre krav på markberedningens utformning vilket hade betydelse för den fortsatta utvecklingen. Under 1976 lades grunden till det största och mest kostsamma projektet hittills inom den svenska mekaniserade markberednings- och planteringsutvecklingen. Det året beslöts att ÖSA med sitt markberedningsaggregat, tillsammans med MoDoMekan, som hade utvecklat ett håltagande planteringsaggregat, gemensamt skulle utveckla en markberedare-planterare (Bäckström 1978 b). Deras gemensamma konstruktion kom under 1980- och 90-talen att bli känd som planteringsmaskinen Silva Nova. Basmaskinen för denna konstruktion

var en ordinär markberedare med ett påbyggt planteringssystem som sköttes av en operatör på maskinen. Under de försök som gjordes under dessa år kom maskinen som bäst upp i 1300 satta plantor per G-15 timme (Hallonborg m.fl. 1995).

I takt med att miljöhänsynen fick större betydelse inom skogsbruket, började även synen på mekaniserad föryngring att ändras. Denna förändring tog ordentlig fart när den nya Skogsvårdslagen kom 1979, där första paragrafen gör klart att: *1 § Skogen är en nationell tillgång som skall skötas så att den uthålligt ger en god avkastning samtidigt som den biologiska mångfalden behålls* (Skogsvårdslagen 1979: 429).

Detta la grunden till en rad förändringar inom skogsnäringen, bl.a. lyftes markberedningens stora påverkan på marken fram i dagsljuset. Plogningen av hyggen kom att upphöra medan harvning och högläggning vann terräng (Mattsson 1999). Utifrån dessa beslut och händelser har dagens kranspetsmonterade markberednings- och planteringsaggregat utvecklats. I dagsläget finns endast två typer av aggregat kvar i drift, dessa aggregat är EcoPlantern, som markbereder och planterar två plantor åt gången, och BrackePlanter, som markbereder och planterar en planta åt gången. En av EcoPlanterns stora fördelar ligger i den ringa markpåverkan som maskinen orsakar vid markberedningen, som görs i direkt samband med planteringen. En reducerad markpåverkan vid markberedningen passar väl in i de certifieringskrav som ställs på skogsbruket idag, bl.a. står där att läsa: *Åtgärden anpassas efter ståndorten och utförs på ett skonsamt sätt* (FSC 2005). Även från rennäringsens sida har detta koncept mottagits väl då en minskad markpåverkan vid markberedning gynnar renbetet. Skonsamheten kan i sig medföra viss risk för negativ påverkan på plantors överlevnad och tillväxt. En negativ konsekvens av minimal markpåverkan kan enligt vissa studier leda till en lägre tillväxt jämfört med markberedningsmetoder som påverkar en större markandel (Mattsson 2002). De parametrar som gynnas vid en kraftigare markberedning är bl.a. att temperaturen närmast marken blir något högre p.g.a. en lägre utstrålning från frilagd jord, jämfört med mark täckt av organiskt material (Örlander 1987). Det tillgängliga ljuset för plantorna kan öka när konkurrerande växtlighet avlägsnas vid markberedningen (Sugg 1990). Om växtligheten runt plantan avlägsnats minskar risken för skador på plantorna orsakade av svampangrepp, tallskyttesvampen har i studier visat sig skada tallplantornas barr (Örlander m.fl. 1991). Vatten- och näringsupptag gynnas om plantor har god kontakt med mineraljord (Mattsson 1994). Risken för insektsangrepp minskar om frilagd mineraljord finns kring plantan, eftersom exv. snytbaggen verkar undvika områden med frilagd mineraljord (Eidmann m.fl. 1990). Markberedningens utformning kan ha olika stor betydelse på olika marktyper. Exempelvis kan en radikal markberedning med plog bidra till en signifikant höjning av tillväxten i tallbestånd på lavmarker, jämfört med liknande bestånd som markberetts med harv (Sugg 1990) medan tillväxtinverkan av en radikal markberedningsmetod kan vara mindre på bördigare marker (jfr. Mattsson 2002).

För att ett skonsamt markberednings-/planteringskoncept ska bli framgångsrikt är det viktigt att den markberedning som trots allt görs är väl anpassad till plantans krav och toleranser. På den bearbetade markberedningspunkten är det därför angeläget att markbearbetningen utförs så att konkurrerande växtlighet avlägsnas (Mattsson 1999), humustäcke och mineraljord bearbetas till lämpligt substrat för överlevnad och tillväxt (Örlander 1987, Hallsby 1994), och att plantan förstås planteras på ett korrekt sätt.

I detta arbete har EcoPlanter-konceptet jämförts med ett mer konventionellt koncept som har betydligt större markpåverkan, dvs. harvning åtföljd av manuell plantering. De flesta tidigare utvärderingar som gjorts om EcoPlanterns planteringsresultat har rört plantornas överlevnad,

tillväxt och kondition de första 1-4 åren (ForeCare AB 2003, ForeCare 2000, Sønsteby m.fl. 2003). I detta arbete undersöks etableringsresultatet för tall och gran på längre sikt, dvs. med hjälp av det äldsta praktiska material som finns tillgängligt.

## **1.2 Studerade föryngringskoncept**

### *1.2.1 Harvning och manuell plantering*

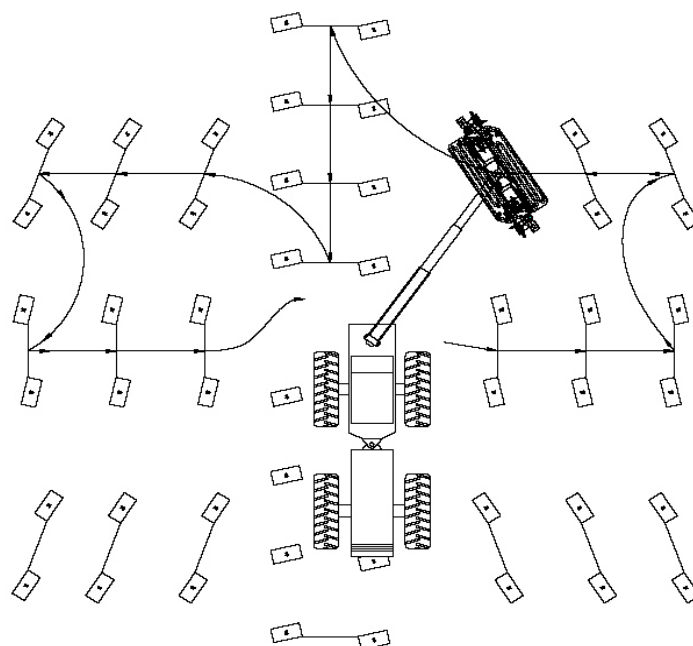
Harvar som används till markberedning av skogsmark finns i ett flertal olika utföranden, bland andra kan nämnas T 26a som BrackeForest (BrackeForest 2005) tillverkar samt Donaren 38. Oftast består harven av två drivna, tandade tallrikar som river upp och blandar humus och mineraljord i två kontinuerliga rader. Det finns dock både tre- och fyrradiga aggregat. Vanligtvis används skotare som basmaskin till dessa harvagggregat. Avståndet mellan tallrikarna på harven är ofta justerbart för att markberedningen skall kunna anpassas till terrängen på den aktuella lokalen, spårvidden mellan tallrikarna kan variera mellan 2-4 meter (Fryk 1989). Markberedning genom harvning skapar en radikalare markberedning än markberedning med hjälp av t.ex. högläggare eller med EcoPlanter. Vid harvning störs vanligen en stor del av markytan. ForeCare (2001) anger siffran 50 % störd markyta och Mattsson (2002) anger 54 % påverkan. Den stora störningen kan ifrågasättas ur miljösynpunkt eftersom den bl.a. medför att näringsämnen lättare urlakas ur marken. En stor andel med avflått humustäcke skapar emellertid även möjligheter för plantörer att höja sin prestation (Maller m.fl. 1996), vilket leder till en mindre kostsam föryngring. Efter att markberedningen genomförts planteras hygget manuellt av plantörer, som med hjälp av planteringsrör eller motsvarande sätter ut plantor. Plantorna sätts vanligtvis i tiltan där humus och mineraljord blandats i skikt.

### *1.2.2 Markberedning och plantering med EcoPlanter*

EcoPlantern är ett kranspetsmonterat aggregat som inledningsvis användes för enbart markberedning men redan 1994 startades försök med två planteringsdon monterade på aggregatet, och sedan 1996 har maskinen varit i praktisk drift och studerats funktionsmässigt (Mattsson 1997). Maskinen har utvecklats av företaget EcoFräsen AB i nära samarbete med Holmen Skog AB. I dagsläget ägs EcoFräsen AB till viss del av Komatsu Forest.

EcoPlantern består av två fräshjul som fräser två planteringspunkter åt gången, den påverkade markarealen av markberedningen blir ca 12 % per hektar vid 2500 planteringspunkter per ha (ForeCare AB 1996). De frästa planteringspunkterna består av en blandning av humus- och mineraljord, med ett mineraljordsskikt längst upp. När fräsningen är avslutad förs två planteringsdon ner i de frästa högarna och plantorna trycks ur planteringsdonen med hjälp av tryckluft och ev. vatten/vätska. Planteringsdonen och fräshjulen går sedan tillbaka till utgångsläget och planteringsdonen fylls automatiskt på med nya plantor från revolvermagasinen på aggregatets ovansida. Varje planteringsdon försörjs med 120 plantor vilket gör att aggregatet kan plantera 240 plantor utan avbrott i arbetet. Detta leder till att maskinen kan arbeta ca 20 – 30 minuter mellan omladdningstillfällena och prestationen beräknas vara 400-500 plantor/Go-timme (EcoFräsen AB 2000). En relativt stor del av den totala arbetstiden åtgår till att fylla på plantor i magasinen på aggregatet, ca 29 % av tiden, men krantiden står för största delen av tidsåtgången, ca 40 % (Mattsson 1997). Aggregatet fylls på med plantor från ett lager som bärs av basmaskinen, lastkapaciteten hos basmaskinen beror på vilken typ av maskin man använder sig av. Om basmaskinen är utrustad med stubbehandlingsutrustning kan detta användas till att behandla plantorna med valfritt vätskebaserat snytbaggepreparat, fördelen med detta är att en mindre del ohälsosamt preparat sprids i markerna, att det appliceras på rätt del av plantan samt att den manuella kontakten med preparatet kan undvikas

(Bergsten m.fl. 2000). Aggregatet har även ställbara stödben som används under själva planteringen. Dessa kan enkelt ställas om så att planteringsdjupet regleras efter t.ex. rådande vegetationstyp eller textur. Aggregatet är ledat vid kranens ordinarie rotator, och de båda fräshjulen är individuellt styrda så operatören har goda möjligheter att finna och skapa lämpliga planteringspunkter även i t.ex. lutande eller ytstenig terräng. Vid särskilt besvärliga förhållanden kan operatören välja att endast använda sig av det ena fräshjulet och på så sätt endast plantera en planta åt gången. Detta möjliggör även för operatören att ladda de båda magasinerna med olika trädslag för att på så vis kunna välja rätt trädslag till varje enskild planteringspunkt.



**Figur 2.** Schematisk bild över det arbetsmönster som tillverkaren rekommenderar för EcoPlantern (EcoFräsen AB 2000).

Den gångna säsongen (2005) har ett EcoPlanter aggregat varit i drift i Sverige (fler aggregat har dock varit i drift i Norge, Finland och Irland). Detta ekipage har kört på Holmen Skog AB:s marker, region Iggesund i främst norra Hälsingland men även i Härjedalen.





**Figur 1.** *Det maskinsystem som sommaren 2005 var i drift inom Holmen Skog AB:s region Iggesund. Basmaskinen är en FMG 1870 utan runtomsvängande hytt och med operatören långt från planteringsaggregatet.*

Totalt planterades drygt 273 000 plantor med aggregatet under säsongen som sträckte sig från slutet av maj till slutet av oktober. Månadsprestationen för maskinen höjdes kontinuerligt under säsongen upp till 448 pl/h i september, dvs. i nivå med Holmens produktionsmål på 450 pl/h. Sista delen av säsongen utfördes arbetet av en ny förare vilket antogs vara huvudanledningen till att prestationen sjönk för denna del av säsongen. För hela året blev snittvärdet 403 plantor per timme, vilket blev en väsentlig prestationshöjning jämfört med året innan. Trenden är att maskinens produktivitet ökar, samtidigt som flera faktorer som påverkar resultatet kan förbättras, vilket ytterligare kan höja prestationen samt sänka kostnaderna (Tolblad 2005).

### 1.3 Hypotes och frågeställningar

Grundhypotesen för detta arbete är att: Ett koncept med mekaniserad skonsam markberedning och plantering kan biologiskt/ekonomiskt fungera som ett likvärdigt förnygringsalternativ till konventionell mer radikal markberedning och plantering, förutsatt att markberedningen skapar en för plantan gynnsam växtplats trots att markberedningens markstörning är liten. Huvudfrågeställningen i detta arbete är därför: *Är det någon skillnad i tillväxt och trädegenskaper i bestånd som förnygrats med ett skonsamt mekaniserat koncept, jämfört med konventionellt markberedda och manuellt planterade bestånd vid en tidpunkt när man kan betrakta beståndet som väl etablerat?*

Övriga delfrågeställningar är:

- Lämpar sig tall eller gran bättre för mekaniserad förnygring med hjälp av EcoPlantern, om man beaktar både etablering och långsiktig tillväxt?
- Hur väl kompletteras det skonsamma alternativet av naturligt förnygrade plantor jämfört med konventionell harvning (som åstadkommer större exponering av mineraljord och därmed bättre förutsättningar för naturlig förnygring) och plantering. Vilka trädslag består den naturliga förnygringen av?

- Kan man se någon skillnad mellan de två metoderna vad gäller plantornas utveckling av apikaldominans som i förlängningen kan leda till negativ inverkan på framtida trädsegenskaper och/eller tillväxt?

## 2. Material och metodik

### 2.1 Material och inventeringsmetodik

Materialet som ligger till grund för arbetet är beläget på Holmens Skog AB:s marker inom Norrköpings distrikt Egen skog i Östergötland där maskinen har varit i drift under längst tid. Arbetet omfattar totalt 28 bestånd och 140 provytor. Av de 28 bestånden (se bilaga 1 och 2) var 14 bestånd föryngrade med EcoPlanter och resterande 14 bestånd var föryngrade på konventionellt vis, det vill säga genom markberedning (harvning) och manuell plantering. Till varje EcoPlanter-föryngrat bestånd valdes ett referensbestånd med så likartade betingelser som möjligt (ang. planteringsår, plantmaterial och ståndortsindex). Ett EcoPlanter-föryngrat bestånd tillsammans med ett referensbestånd benämns ”par”. Halva materialet är granbestånd (G28-G29, planterade 1997) och andra halvan är tallbestånd (T21-T25, planterade 1996-1998). I de studerade tallbestånden hade plantor av modellen Hiko planterats, både för det EcoPlanter föryngrade och för det harvade/planterade. I granbestånden var plantmaterialet till största delen av Hiko-modell i EcoPlanter-bestånden medan de harvade bestånden till största delen föryngrats med Svepot-planter. Med största sannolikhet behandlades plantorna med snytbaggepreparat i samband med planteringen. Planteringen i EcoPlanter-bestånden var 1996-1997 utförd med ett tidigt aggregat (Nilsson pers. comm.) som monterats på en Timberjack Master 280 utrustad med en för klen kran, vilket gjorde att maskinen inte kunde nyttja hela kranlängden under planteringsarbetet (Johansson pers. comm). Under 1997 och framåt användes även en Valmet 911 i planteringsarbetet utrustad med samma tidiga aggregat (Nilsson pers. comm).

Inom varje inventerat bestånd slumpades fem stycken, 100 m<sup>2</sup> stora cirkulära provytor ut, avståndet mellan dessa ytor varierade beroende på beståndets storlek. På dessa ytor utfördes mätningar på de planterade träden men även på de naturligt föryngrade barr- och lövstammarna. De två planterade, och i mån av förekomst även de två självföryngrade träden, som haft bäst tillväxt valdes ut för att representera den potentiella tillväxtnivån. På provytorna registrerades följande:

Provträden: Höjd

Diameter 20 cm ovanför marknivån

Skottlängd för de tre senaste årsskotten, år 2002, 2003 och 2004

Antal avvikelser i apikal dominans.

Provytorna: Antal planterade plantor

Antal självföryngrade barrstammar

Antal självföryngrade lövstammar

Medelhöjd för barrstammar

Medelhöjd för lövstammar

Medelhöjd för självföryngrade barrstammar

Antal EcoPlanterfrästa markberedningspunkter/ha

Avstånd mellan harvspåren.

Stammar med lägre höjd än 50 cm uteslöts ur arbetet.

## 2.2 Analyser och beräkningar

Variationsanalys av de parvisa jämförelserna mellan de två förnygringsmetoderna för de olika parametrarna (jfr. ovan) gjordes med hjälp av statistikprogrammet MINITAB 14.1 (ANOVA: GLM (Anon 2004)). Trädslagsvisa analyser gjordes för hela materialet och även på parnivå i de fall när den inledande analysen visade signifikanta samspelseffekter mellan förnygringsmetod och par. Signifikansnivån sattes till  $p \leq 0,05$ . Höjdtvecklings-regressionerna som grundades på de mätta skottlängderna gjordes med hjälp av statistikprogrammet JMP 6 (Anon 2005). De värden som ligger till grund för regressionen är samtliga provträds toppskottslängder under de tre senaste växtsäsongerna (2002-2004), vilket ger provträdens totalhöjd för de fyra senaste åren (2002-2005). Värdena är inte helt oberoende eftersom tre mätningar gjorts på respektive provträd, vilket gör att ett samband finns mellan de olika årens tillväxt. Plantor med skador, som påverkat den apikala dominansen och tillväxten för de årsskott som mätts, undveks i studien. Individer med mindre avvikelse i stamraketten, men som inte bedömts påverka tillväxten, tilläts ingå i studien.

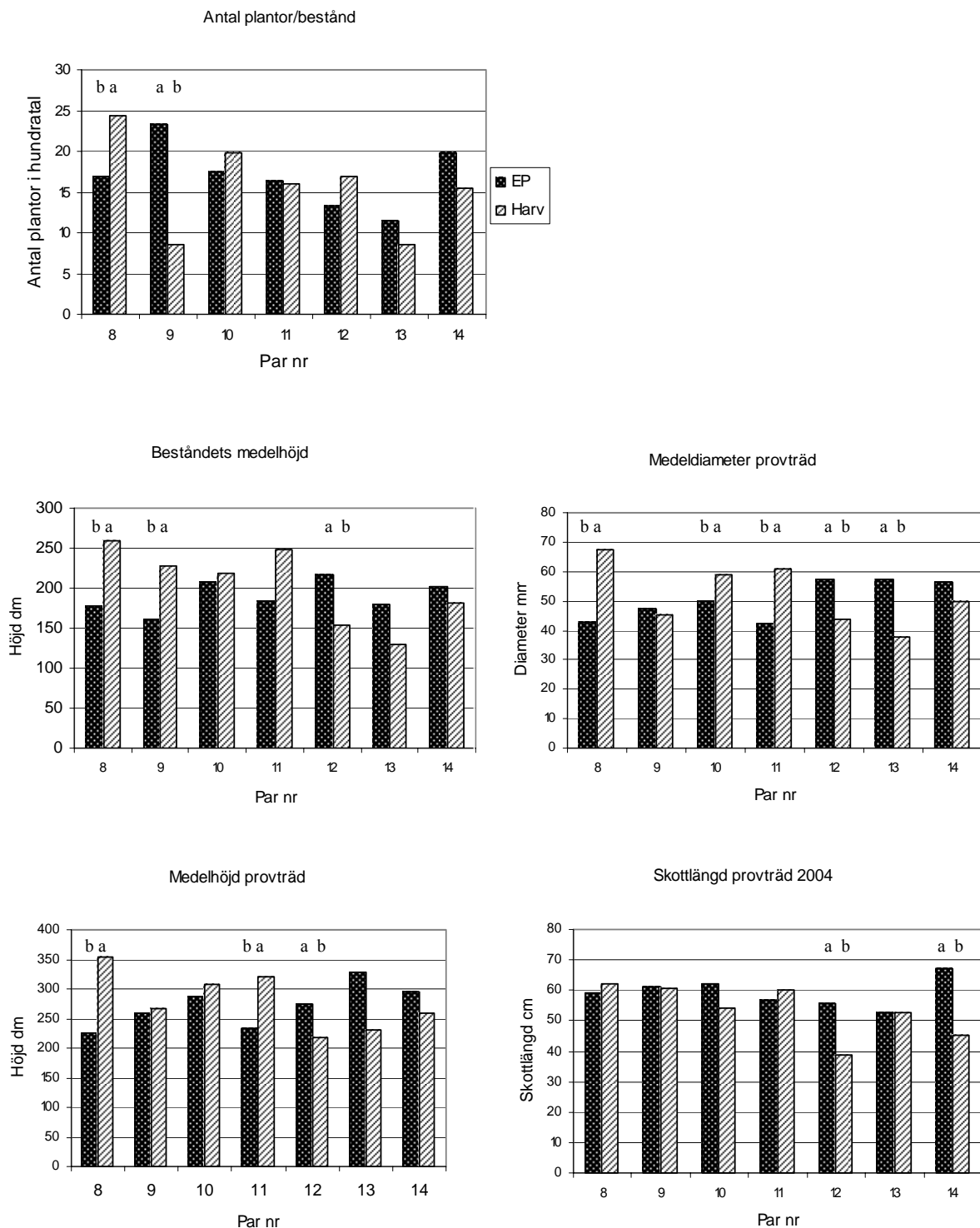
### 3. Resultat

#### 3.1 Planterad gran

Inga signifikanta skillnader framkom totalt sett mellan de två föryngringsmetoderna avseende plantantal/ha och medelhöjd samt provträdens diameter, höjd och skottlängd (Tabell 1). Däremot uppvisade de enskilda paren skillnader i tillväxt när man ser till de jämförda parametrarna (Figur 3). I par med störst skillnad i höjd- och diameterutveckling mellan metoder var skottlängdstillväxten likartad den senaste växtsäsongen, dvs. skillnader i tillväxt har uppkommit de första åren efter etablering. Efter 8 års tillväxt var skottlängden i princip densamma för metoderna. Skillnaderna mellan de olika paren verkade inte vara direkt kopplade till föryngringsmetoderna utan i första hand bero på variationer i ståndortsegenskaper. I exempelvis par nr 8 fanns signifikanta skillnader mellan metoderna i plantantal, höjd- och diameterutveckling. Det harvade referensbeståndet var till största delen beläget i en sydvästlig sluttning, medan EcoPlanterbeståndet låg på plan mark. I par nr 12 fanns signifikanta skillnader mellan metoderna i stamantal, höjd-, diameter- och skottlängdsutveckling. I det harvade referensbeståndet hade gran planterats på de lägre partierna inom objektet, tillväxten var jämn men generellt lägre än i det EcoPlanterföryngrade beståndet.

**Tabell 1.** Resultat av variansanalys. Inverkan av föryngringsmetod (EcoPlanter-föryngrat bestånd jämfört med harvat referensbestånd) och beståndspar på olika parametrar för gran, 8 år efter plantering

Parameter		Frihetsgrader	Kvadratsumma	F	P
Plantantal/ha	Metod	1	31	0,74	0,393
	par nr	6	730	3,38	0,007
	Metod*par nr	6	707	3,33	0,007
	Error	54	1910		
	Total	67	3378		
Medelhöjd (Bestånd)	Metod	1	2237	0,33	0,587
	par nr	6	35122	0,61	0,715
	Metod*par nr	6	51151	5,06	0,000
	Error	54	91039		
	Total	67	179549		
Diameter provträd (höjden 20 cm)	Metod	1	183	0,06	0,822
	par nr	6	1273	0,17	0,976
	Metod*par nr	6	7848	10,79	0,000
	Error	118	14309		
	Total	131	23614		
Höjd provträd	Metod	1	3475	0,06	0,813
	par nr	6	37895	0,17	0,974
	Metod*par nr	6	181387	9,30	0,000
	Error	118	383392		
	Total	131	606149		
Skottlängd provträd 2004	Metod	1	1003	2,33	0,178
	par nr	6	2893	0,95	0,524
	Metod*par nr	6	2735	1,95	0,079
	Error	118	27609		
	Total	131	34241		



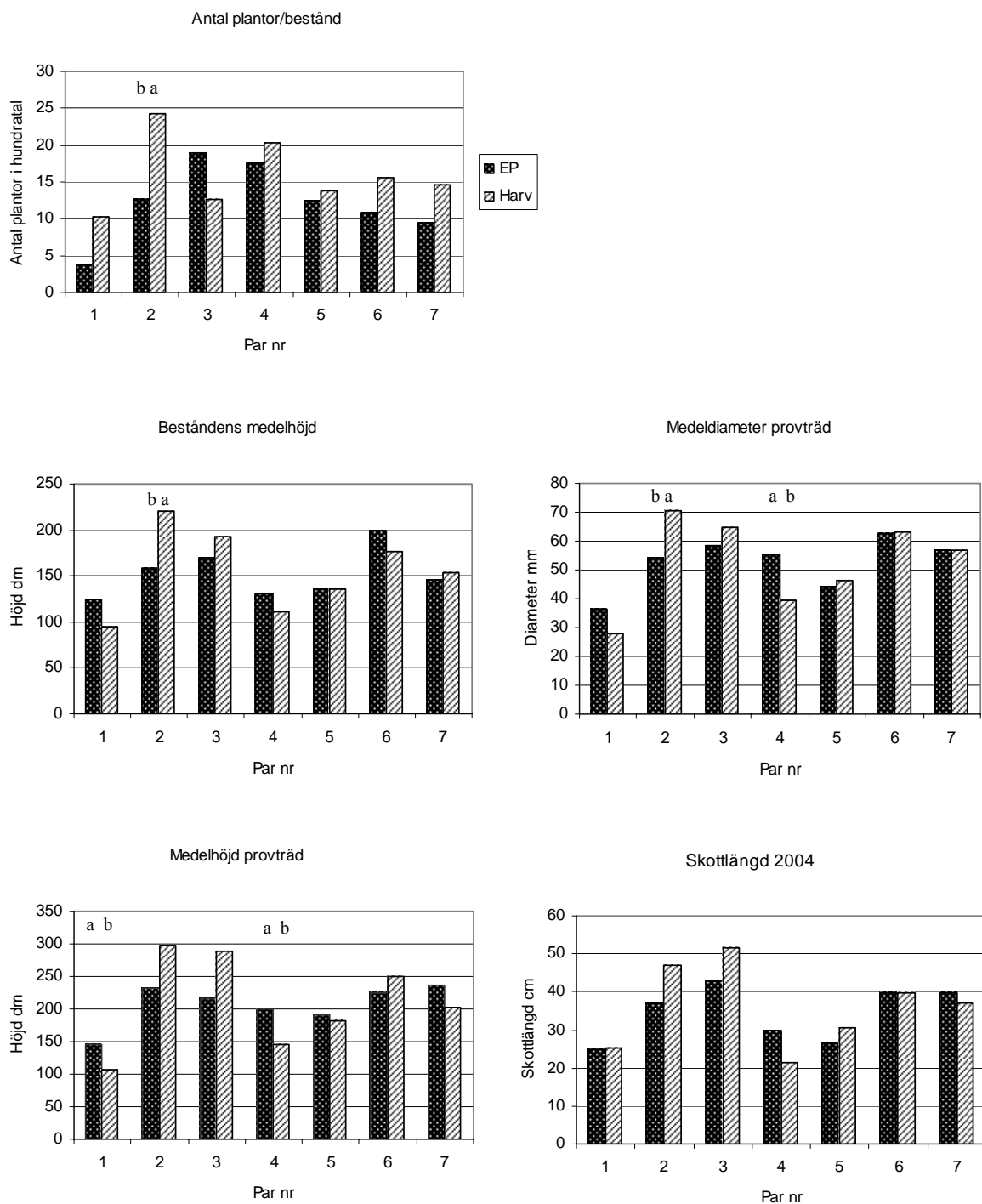
**Figur 3.** Planterad gran efter 8 vegetationsperioder. Parvisa (EcoPlanter-föryngrat bestånd jämfört med harvat referensbestånd) jämförelser av plantantal per ha och beståndsmedelhöjd samt provträdens diameter, höjd och skottlängd. För par med olika bokstäver är metoderna signifikant ( $p \leq 0.05$ ) åtskilda, a motsvarar det högsta värdet och b det lägre inom paret. Resultaten gäller för plantor  $\geq 50$  cm vid inventeringstillfället.

### 3.2 Planterad tall

Inga signifikanta skillnader framkom totalt sett mellan de två föryngringsmetoderna avseende plantantal och medelhöjd samt provträdens diameter, höjd och skottlängd (Tabell 2). Däremot uppvisade de enskilda paren skillnader när man ser till de jämförda parametrarna (Figur 4) men utan någon tydlig trend avseende inverkan av föryngringsmetod. Noterbart är att par nr 1 generellt sett visade låg tillväxt för båda föryngringsmetoderna. I par nr 2 var det EcoPlanterföryngrade beståndet sämre. I beståndet frästes ca 1700 planteringspunkter/ha, men det fanns endast 1300 levande plantor vid inventeringen. Både höjd- och diametertillväxt var låg i detta bestånd vilket tyder på ogynnsamma lokala förhållanden. I par nr 4 hade det harvade referensbeståndet sämre tillväxt än det EcoPlanterföryngrade beståndet, terrängen i detta bestånd var väldigt skiftande. Båda bestånden i par nr 4 var kraftigt betade av vilt.

**Tabell 2.** Resultat av variansanalys. Inverkan av föryngringsmetod (EcoPlanter-föryngrat bestånd jämfört med harvat referensbestånd) och par på olika parametrar för tall, 7-9 år efter plantering

Parameter		Frihetsgrader	Kvadratsumma	F	P
Plantantal/ha	Metod	1	172,52	3,07	0,130
	par nr	6	879,99	2,00	0,211
	Metod*par nr	6	449,83	2,53	0,031
	Error	54	1601,47		
	Total	67	3103,81		
Medelhöjd (Bestånden)	Metod	1	19	0,05	0,831
	par nr	6	64928	4,07	0,056
	Metod*par nr	6	14960	2,10	0,068
	Error	54	64150		
	Total	67	144057		
Diameter provträd (höjden 20 cm)	Metod	1	5,4	0,00	0,983
	par nr	6	14238,4	4,32	0,049
	Metod*par nr	6	3103,0	2,48	0,027
	Error	120	25063,5		
	Total	133	42410,4		
Höjd provträd	Metod	1	215	0,05	0,825
	par nr	6	265206	3,27	0,088
	Metod*par nr	6	76336	3,51	0,003
	Error	120	434720		
	Total	133	776477		
Skottlängd provträd 2004	Metod	1	74,4	0,54	0,490
	par nr	6	8766,1	7,06	0,016
	Metod*par nr	6	1227,3	1,15	0,340
	Error	120	21431,3		
	Total	133	31499,1		



**Figur 4.** Planterad tall efter 7-9 vegetationsperioder. Parvisa (EcoPlanter-föryngrat bestånd jämfört med harvat referensbestånd) jämförelser av plantantal per ha och beståndsmedelhöjd samt provträdens diameter, höjd och skottlängd. För definitioner och förkortningar, se Figur 3.

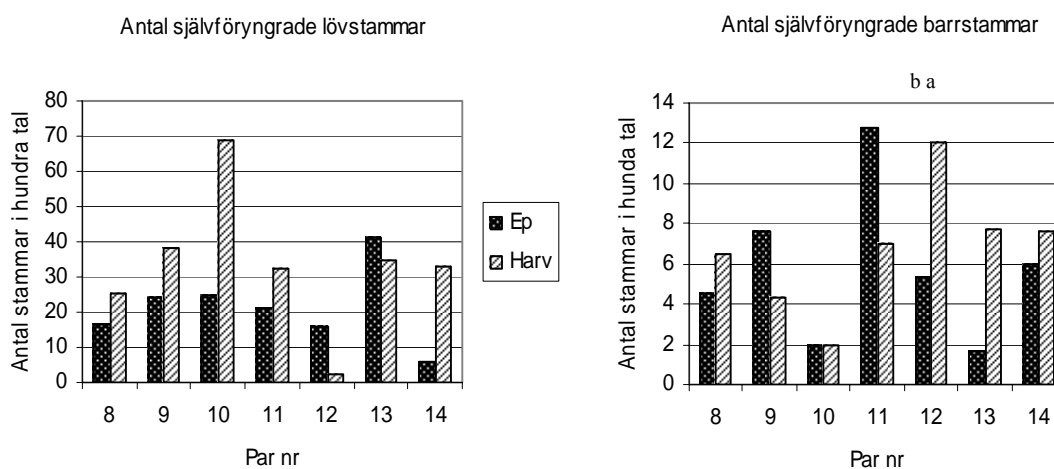


### 3.3 Självföryngring

I analyserna framkom inga signifikanta skillnader mellan de två föryngringsmetoderna avseende antalet självföryngrade barr- och lövstammar. Däremot uppvisade de enskilda paren skillnader i tillväxt när man ser till de jämförda parametrarna (Tabell 3 och 4). Skillnaderna mellan de olika paren kan inte härledas till de olika föryngringsmetoderna eftersom det inte finns någon tydlig trend angående vilken metod som bäst gynnar uppkomsten av självföryngring, varken för löv- eller barrstammar. Noterbart är att antalet lövstammar inte var signifikant åtskilt mellan tall- och granmarkerna medan det var betydligt fler självföryngrade barrstammar på tall- än på granmarkerna. Inom par 4, 5 och 10 fanns stora signifikanta variationer i antal självföryngrade lövstammar, den högsta skillnaden uppvisades i par nr 10 där det fanns 4400 lövstammar/ha mer i det harvade beståndet. Även i antalet barrstammar fanns signifikanta skillnader hos par nr 4 och 7. Här var största skillnaderna i plantantal mellan bestånden i par nr 4, det fanns 1200 stammar/ha fler i det EcoPlanter föryngrade beståndet. Skillnaderna verkade främst bero på skillnader i ståndortsegenskaper alternativt tidigare skogsskötsel.

**Tabell 3.** Resultat av variansanalys. Inverkan av föryngringsmetod (EcoPlanterföryngrat bestånd jämfört med harvat referensbestånd) och par på antal självföryngrade barr- och lövstammar per ha i granbestånden, 8 år efter plantering

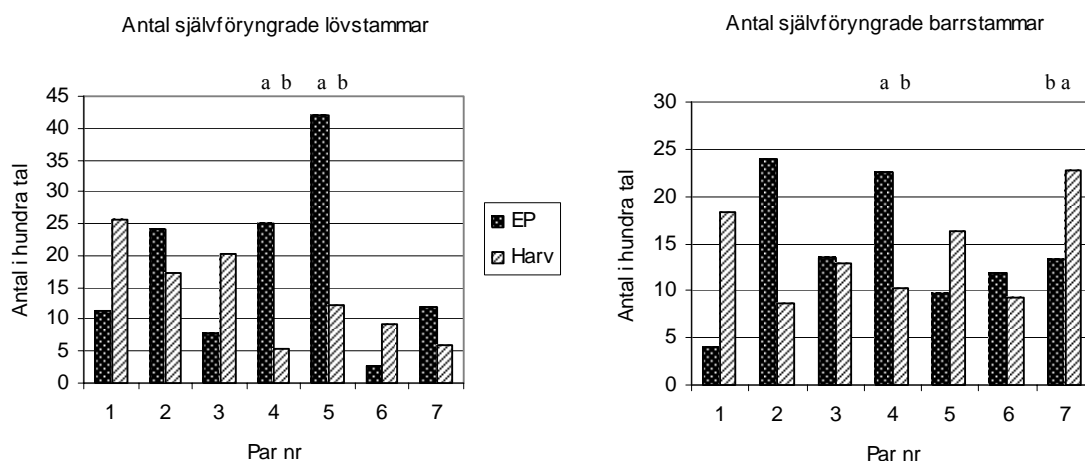
Parameter	Källa	Frihetsgrader	Kvadratsumma	F	P
Barrst./ha	Metod	1	0,73	0,12	0,742
	par nr	6	212,99	1,01	0,493
	Metod*par nr	6	215,72	2,33	0,051
	Error	40	617,98		
	Total	53	1047,43		
Lövst./ha	Metod	1	2180,0	2,86	0,141
	par nr	6	9254,6	1,72	0,263
	Metod*par nr	6	5178,9	1,79	0,120
	Error	54	26109,7		
	Total	67	42723,2		



**Figur 5.** Självföryngring i granbestånden. Parvisa jämförelser av antalet självföryngrade barr- och lövstammar (högre än 50 cm) avseende beståndsmedelvärde. För definitioner och förkortningar, se Figur 3.

**Tabell 4.** Resultat av variansanalys. Inverkan av föryngringsmetod (EcoPlanter-föryngrat bestånd jämfört med harvat referensbestånd) och par på antal självföryngrade barr- och lövstammar per ha i tallbestånden, 7-9 år efter plantering

Parameter	Källa	Frihetsgrader	Kvadratsumma	F	P
Barrst/ha	Metod	1	1,56	0,00	0,975
	par nr	6	636,57	0,43	0,835
	Metod*par nr	6	1422,47	4,67	0,001
	Error	50	2538,83		
	Total	63	4599,44		
Lövst/ha	Metod	1	343,6	0,44	0,533
	par nr	6	3166,7	0,78	0,617
	Metod*par nr	6	3893,3	3,23	0,009
	Error	54	10864,7		
	Total	67	18268,3		

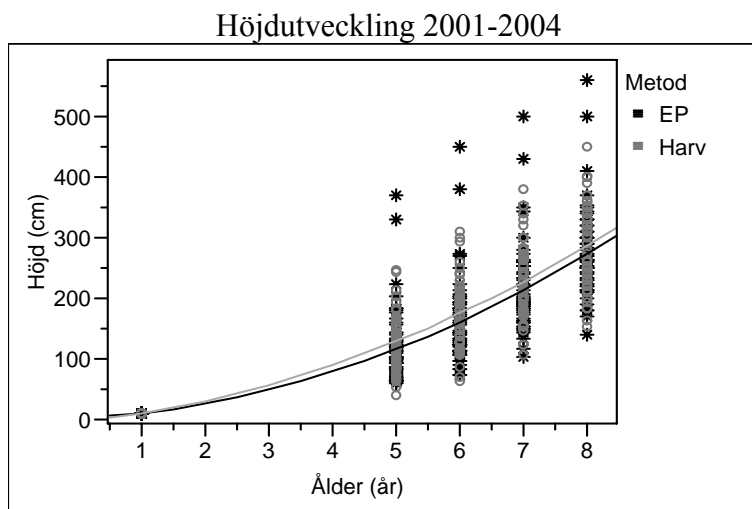


**Figur 6.** Självföryngring i tallbestånden. Parvisa jämförelser av antalet självföryngrade barr- och lövstammar (högre än 50 cm) avseende beståndsmedelvärde. För definitioner och förkortningar, se Figur 3.

De självföryngrade provträdens medelhöjd 8 år efter planteringstidpunkten var 163 cm för tall och 138 för gran, dvs. betydligt lägre än för de planterade provträden (185 cm för tall och 279 för gran). Nämnade värden baseras på samtliga provträd eftersom inga signifikanta skillnader i tillväxt kunde upptäckas mellan de båda föryngringsmetoderna.

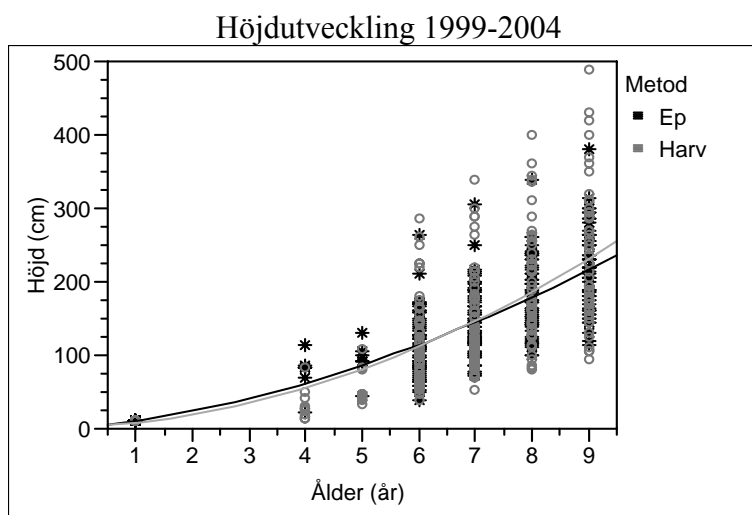
### 3.4 Höjdtveckling för provträd

Höjdtvecklingskurvorna (Figur 7 och 8), baserade på årsskottens tillväxt de fyra senaste växtsäsongerna för respektive provträd, tyder inte på att föryngringsmetoden påverkat den långsiktiga tillväxten. I granbestånden visade några individer föryngrade med EcoPlanter den högsta tillväxten men i tallbestånden var det däremot några träd som planterats manuellt i de harvade bestånden som hade högst tillväxt. Jämför man andelen stammar med störd apikal dominans (Tabell 5) finns inga skillnader mellan föryngringsmetoderna, däremot var tallbestånden värre ansatta av viltbete än granbestånden. För både tall och gran var höjdtvecklingskurvorna närmast identiska för de båda föryngringsmetoderna.



**Figur 7.** Höjdtvecklingskurvor för gran. Jämförelse mellan EcoPlanter och harvade referensbestånd. Höjden mätt på provträden för de fyra senaste växtsäsongerna (2001-2004). Samtliga bestånd planterades år 1997. Höjden år 1 är satt till 10 cm.

Funktion: EP höjd =  $-105,1273 + 44,207116 \text{ ålder} + 3,6689661 (\text{ålder}-5,4)^2$   
Harv höjd =  $-96,93047 + 45,17198 \text{ ålder} + 3,1792564 (\text{ålder}-5,4)^2$



**Figur 8.** Höjdtvecklingskurvor för tall. Jämförelse mellan EcoPlanter och harvade referensbestånd. Höjden mätt på provträden för de fyra senaste växtsäsongerna (2001-2004). bestånden planterade år 1996-1998. Höjden år 1 är satt till 10 cm.

Funktion: EP höjd =  $-61,53939 + 29,244808 \text{ Ålder} + 1,6906814 (\text{Ålder}-6,0209)^2$   
Harv höjd =  $-85,21794 + 32,792573 \text{ Ålder} + 2,4300388 (\text{Ålder}-6,0209)^2$

### 3.5 Apikal dominans för provträd

Avvikelse i den apikala dominansen registrerades på samtliga provträds årsskott för att kunna härleda skillnader i skadefrekvens hos trädslagen till de olika föryngringsmetoderna. Inga signifikanta skillnader i skadefrekvens mellan föryngringsmetoderna framkom vid variansanalysen. Den huvudsakliga orsaken till den höga skadefrekvensen, hos främst tallen, var betande vilt. I det här arbetet analyseras inte övriga skadors ursprung ytterligare.

**Tabell 5.** Andelen provträd med helt ostörd apikal dominans (klass 0) samt andelen med 1, 2, 3 eller >3 toppskott med störd apikal dominans

Metod	Tall					Gran				
	Antal störda toppskott/provtr.									
	0	1	2	3	>3	0	1	2	3	> 3
EP (Planterat)	31%	69%	11%	2%	6%	88%	12%			
Harv (Planterat)	49%	51%	10%		9%	92%	8%			
EP (Självföryngr.)	35%	65%	26%	6 %	4%	92%	8%			
Harv (Självföryngr.)	61%	39%	11%	4%	2%	62%	38%	13%	6%	

## 4. Diskussion

### 4.1 Metodik

Samtliga bestånd som ingått i studien är belägna i Östergötland där terrängen är väldigt skiftande, även inom mindre områden. Detta resulterar i att de i beståndsregistret angivna ståndortsindexen blir ett grovt medelvärde för de olika bestånden. Skillnader i tillväxt mellan de olika paren beror därför troligtvis främst på skillnader i ståndortsegenskaper och skötselhistorik.

På vissa lokaler var det svårt att skilja på självföryngrade och planterade stammar, framförallt i de harvade tallbestånd där riklig självföryngring erhållits. Det var svårt att bedöma var planteringspunkten valts. Där det föryngrats med EcoPlantern var det lättare att söka efter planteringspunkterna eftersom man vet vart plantan hamnar i förhållande till de frästa groparna (stenrika marker undantagna). De nämnda problemen bör inte resultera i några missvisande resultat i studien eftersom det aldrig var svårt att välja/finna provträden på ytorna. Planter som inte nått upp till en höjd av 0,5 meter har inte tagits med i arbetet, oavsett om de planterats eller uppkommit genom självföryngring. Dessa planter kan anses vara så långt efter beståndets medelstam i höjduitveckling (jfr. medelhöjder i Tabell 3, 4) att det är osannolikt att de nämnvärt kan bidra till beståndets produktion av stamved (jfr. Gemmel 1987).

Eftersom materialet till detta arbete är bestånd i Östergötland på marker med medel- till hög bonitet med stor risk för vilt- och insektsskador ska resultaten i första hand betraktas som representativa för denna typ av bestånd. I nämnda beståndstyper ställs dock stora krav på att föryngringsmetoden fungerar och man bör därför kunna säga att om resultatet blir lyckat på dessa marker bör föryngringsmetoden vara lämplig i en stor del av landet.

### 4.2 Etablering

Markberedningens areella påverkan är i dagsläget svår att bestämma på de marker som ingått i studien, både avseende de harvade och EcoPlanterföryngrade bestånden. Det var endast på ett fåtal objekt som avståndet mellan harvspåren kunde mätas, och det var långt ifrån på alla objekt som fräspunkterna för EcoPlantern gick att finna. Utifrån de inmätta värdena kan man ändå bedöma att det i EcoPlanter-bestånden var fräst ca 2300 högar per hektar, och att det nu fanns ca 1500 levande planterade planter per hektar kvar. Anledningen till avsaknaden av planter i vissa fräspunkter kan vara t.ex. omtag p.g.a. hinder som stenar/rötter, fel i aggregatets matning av planter, att planter försvunnit p.g.a. viltbete eller att planter dött. I det här arbetet kan dock inte orsakssambanden analyseras. Om man ser till de harvade bestånden var avståndet mellan harvspåren i snitt 220 cm, vilket med ett planteringsförband i spåret på 2,0 m ger att ca 2200 planter planterats per ha, vilket är i nivå med Holmen skog AB:s mål vid föryngring (Johansson pers. comm.). Plantantalet/ha i dagsläget var ca 1600 levande planterade planter. Anledningarna till plantavgången kan vara många, bl.a. orsakade av skadeinsekter som snytbagge, frost under skottsträckningen eller att det helt enkelt har planterats för glest vid etableringen av bestånden. Antalet levande planterade planter för de båda föryngrings-metoderna stämmer väl överens med genomsnittet för Holmens Skog AB:s föryngringar 10 år efter etablering (Normark pers. comm.) och totalt sett var det ingen signifikant skillnad mellan metoderna i antalet levande planterade planter per ha. Föryngringarna har således, oavsett metod, utvecklats bra trots att det eventuellt har planterats glest. Det planterade antalet var fullt tillräckligt eftersom man även fått en riklig själv-

föryngring. Utifrån medelvärdena för samtliga bestånd visar det sig att antalet självföryngrade barrstammar blir det samma för båda föryngringsmetoderna, i snitt fanns ca 1000 självföryngrade barrstammar/ha.

En stor del av tallbestånden som ingått i studien har varit, och är hårt ansatta av viltet. Valet av föryngringsmetod, plantmaterial eller kostnadseffektivitet i föryngringsarbetet, verkar för tall vara underordnat viltskadeproblematiken. Fler än 5 % av samtliga planterade tallstammar som valts till provträd i studien hade fler än 3 årstoppskott med störd apikal dominans, och detta är träd som endast är 7-9 år gamla. Dessa stammar var utvalda för att de trots sina skador haft bäst tillväxt på de enskilda provytorna. Detta tyder på att en relativt låg andel av provträden är helt oskadade och att viltbetet även orsakat avgångar.

### 4.3 Tillväxt

Tillväxten hos det studerade materialet är generellt sett hög. Inga signifikanta tillväxtskillnader fanns totalt sett mellan de två föryngringsmetoderna. De parvisa skillnaderna i tillväxt som kunde påvisas beror sannolikt på den stora variationen i ståndortsegenskaper mellan bestånd, dvs. även för närliggande bestånd som enligt beståndsregistret hade likartad beskrivning. Denna lokala variation kan bero på bl.a. variation i ståndortsindex, viltpåverkan, skillnader i plantmaterial eller skiftande förutsättningar vid etableringstidpunkten.

I dagsläget syns knappt några spår efter den radikala harvmarkberedningen vid beståndsanläggningen för 7-9 år sedan, som direkt efter markberedningen borde ha medfört att ca 50 % av markytan var påverkad (ForeCare 2001). Samtidigt finns inga signifikanta skillnader i tillväxt som tyder på en lägre tillväxt i de EcoPlanterföryngrade bestånden, trots den skonammare markberedningen. Tidigare studier pekar på en långsiktig produktionshöjning efter en radikalare markberedning. De parametrar som sägs gynnas vid en kraftigare markberedning är bl.a. temperaturen närmast marken blir något högre p.g.a. en lägre utstrålning från frilagd jord, jämfört med mark täckt av organiskt material (Örlander 1987). Det tillgängliga ljuset för plantorna kan öka när konkurrerande växtlighet avlägsnas vid markberedningen (Sugg 1990). Om växtligheten runt plantan avlägsnats minskar risken för skador på plantorna orsakade av svampangrepp, tallskyttesvampen har i studier visat sig skada tallplantornas barr (Örlander m.fl. 1991). Vatten- och näringsupptag gynnas om plantor har god kontakt med mineraljord (Mattson 1994). Risken för insektsangrepp minskar om frilagd mineraljord finns kring plantan, eftersom exv. snytbaggen verkar undvika områden med frilagd mineraljord (Mattsson 1999). Enligt Hallsby (1994) skapas de för plantorna gynnsammaste etableringspunkterna i en mix av mineraljord och humusblandning. I hans undersökning uppvisade detta substrat bl.a. den högsta höjd- torrvikts- och barrlängds- tillväxten efter en växtsäsong. Studien visar att de planteringspunkter som EcoPlantern skapar är en fullt tillfredställande växtplats för de planterade plantorna, även på längre sikt.

Granbestånden hade en betydligt högre höjdtillväxt än tallbestånden. Detta gäller både för beståndens medelhöjd och för de utvalda provträdens medelhöjd. Skillnaden kan anses bero på skillnader i betestryck eftersom av samtliga tallstammar som ingått som provträd har minst 50 % störd apikal dominans på minst ett av årsskotten. De planterade tallarnas medelhöjd i denna studie var, oavsett föryngringsmetod, ca 185 cm, vilket tillsammans med skadegraden gör att de väl passar in i klassningen för 2-2,5 års tillväxtförlust (kraftigt viltbete), enligt Näslunds (1986) modell. Klassningen motsvarar att ca 50 % av provträden kommer att tappa ungefär 2 års tillväxt på grund av sina skador. Enligt Näslunds (1986) långsiktiga produktionsberäkning orsakar kraftigt viltbete, tillsammans med sekundära skadegörare ett 57-procentigt produktionsbortfall under de 20 kommande åren efter skadetillfället. Det man

skall ha i åtanke om de studerade bestånden är att de stammar som ingått i detta arbete har åtskilliga växtsäsonger framför sig innan de växt ur ”betesfarlig” höjd. Detta gör att andelen skadade stammar troligtvis kommer öka ytterligare, om inte viltstammarna reduceras kraftigt. Tillväxtnedsättningen p.g.a. bete är det direkt synliga resultatet av en alltför hög viltstam. Men de allvarligaste, och kostsammaste konsekvenserna av skadorna ser vi inte förrän det är dags att förädla det tänkta timret och det kvalitetsnedsättande resultatet av betesskadorna tydliggörs (Jfr. Lavsund 2003).

De planterade träden har en högre höjdtillväxt än de självföryngrade (ca 12 % för tall och 51 % för gran). Största anledningen till detta borde vara det försprång dessa stammar får vid etableringsfasen jämfört med de självföryngrade stammarna, om planteringen görs på färsk hyggen. Låter man istället självföryngringen få något år på sig att etablera sig innan planteringen finns möjligheten att man kan få ett bestånd med mindre tillväxtskillnad mellan de planterade och självföryngrade stammarna. Med EcoPlanterns ringa markstörning (ca 10 %) finns det större chans att de självföryngrade plantorna som etablerat sig skall kunna utnyttjas i det kommande beståndets produktion av stamved, vilket ger en jämnare beståndsutveckling. Trots harvens kraftfullare markpåverkan (ca 50 %) har inte antalet självföryngrade stammar ökat jämfört med de EcoPlanter föryngrade. Detta tyder på att en stor del av den självföryngring som hunnit etablera sig på en kal yta, förstörs vid konventionell markberedning med harv (jfr. Tabell 3, 4 och Figur 5, 6).

#### **4.4 Holmen Skog AB:s mål**

Holmen Skog AB:s mål vid föryngring är att få fram bestånd som håller 2000 stammar/hektar vid gallringstillfället (Normark pers. comm.). I de bestånd som ingår i det här arbetet finns ca 1500-1600 planterade plantor per hektar oavsett föryngringsmetod. Dessutom tillkommer ca 1000 självföryngrade barrstammar av varierande art och storlek. Av dessa 2600 stammar/hektar med varierande höjd och skadefrekvens (jfr. Tabell 5) skall 2000 återstå efter röjning och naturlig avgång när det är dags för gallring i bestånden. En viss inblandning och hjälp av de naturligt föryngrade lövstammarna kommer man att få när man vill nå detta mål, men det är trots allt barrstammar man planterat och som är målet med produktionen. Detta skapar frågeställningen om i vilken utsträckning man kan nyttja de klenare stammarna i bestånden för att klara av att hålla det önskade stamantalet på 2000 stammar/hektar vid gallring (Normark pers. comm.). I granbestånd med riklig självföryngring finns goda möjligheter att röja fram önskat antal huvudstammar. Däremot kan det bli svårt att nå målet på 2000 stammar/hektar vid gallring i de granföryngringar där det knappt förekommer självföryngrade barrplantor med god tillväxt, dessutom är lövträden i dessa bestånd ofta hårt betade av vilt. De granar som trots allt finns utvecklas väl, men stamantalsmålet måste troligtvis omformuleras för att det skall finnas någon möjlighet att nå upp till önskat stamantal. Även tallbestånden verkar generellt sett vara glest planterade men antalet självföryngrade barrplantor är stort. I tallbestånden utgör viltbetet det största frågetecknet för beståndens fortsatta utveckling. Tillväxten har i många bestånd blivit nedsatt p.g.a. viltbete, dessutom är virkets kvalitetsnedsättning förmodligen bestående.

För att ytterligare höja produktionen samt nyttja markens produktionsförmåga så effektivt som möjligt strävar Holmen Skog AB efter att minimera kalmarkstiden. Holmen Skog AB utför markberedningen i snitt 1.6 år efter slutavverkning. Planteringen utförs ofta efter ytterligare ett år (78 %; Rosvall m.fl. 2005). Detta gör att man förlorar i snitt 2.5 år mellan det att ett bestånd avvecklats, tills det åter är beskogat. Med EcoPlantern-konceptet kan man korta ner denna kalmarkstid tack vare att markberedningen och planteringen utförs vid samma tillfälle. Dessutom ger föryngring på dessa färsk hyggen produktionsfördelar för EcoPlantern eftersom ingen skymmande växlighet hunnit etablera sig (Tolblad 2005). Om Holmen Skog AB kan korta ner kalmarkstiden med 0,5-1 år ger detta en produktionsökning på 2,5-5

m<sup>3</sup>sk/ha under beståndets omloppstid. Räknar man på en genomsnittlig produktionsökning på 3.5 m<sup>3</sup>sk/ha, blir den årliga produktionshöjningen inom Holmen Skog AB ca 30 000 m<sup>3</sup>sk/år (Rosvall m.fl. 2005). För att ytterligare öka produktionen och sänka kostnader för EcoPlantern kan hyggena med fördel hyggesrensas och GROT-skotas innan föryngring. På detta sätt tar man även vara på ytterligare värdefull råvara från skogen. De flesta bestånd som ingått i studien har hyggesrensats, dessutom har vissa av de EcoPlanterföryngrade bestånden risskotats för att underlätta planteringen (Johansson pers. comm.).

#### **4.5 Teknisk utveckling av EcoPlantern och framtida biologiskt resultat**

EcoPlantern har utvecklats, utvärderats och förbättrats under snart 15 års försök och praktisk drift. Det biologiska resultatet av aggregatets plantering har utvärderats och följts upp av både tillverkare och ett flertal oberoende parter (ForeCare AB 1999, Mattsson 1997, Sønsteby m.fl. 2003). Enligt nämnda arbeten, som behandlat främst etableringsfasen, är planteringspunkten och de biologiska förutsättningarna som skapas för plantan (inkl. rotens utveckling) fullt tillfredställande för att maskinen skall kunna utföra ett gott arbete på de flesta marker. Detta arbete konfirmerar de tidigare studiernas resultat, eftersom även den långsiktiga produktionen (7-9 års tillväxt) i de bestånd som föryngrats med EcoPlanter kan jämföras med resultatet efter föryngring genom harvning och manuell plantering.

Utvecklingen av aggregatet, basmaskiner, arbetsmetodik och operatörernas kunskap har utvecklats mycket under de år som gått sedan bestånden som ingår i det här arbetet etablerades. På dagens aggregat används en dator (monterad i basmaskinen) för styrningen av både markberedningen och planteringen. Strömställare används till att ställa in olika markberedningstyper såsom ”lätt”, ”normal”, ”svår” och ”intensiv”. Om man utnyttjar automatik kan man trycka på önskad strömställare t ex ”normal”, så utförs både markberedning och plantering automatiskt enligt det inställda värdet för strömställaren (Nilsson pers. comm.). Dessutom har fräshjultändernas material bytts ut sedan prototypaggregaten användes. På dagens aggregat består tänderna av en hårdmetall som inte slits ner lika lätt (Nilsson pers. comm.). En ytterligare modifiering som det är osäkert om den fanns då studiens bestånd föryngrades, är att dagens aggregat har inbyggd applicering av vätskebaserat snytbaggesskydd (ForeCare 2001), detta minskar operatörens exponering för de mindre hälsosamma preparaten. Även programvaran till aggregatet har utökats för att markberedningen skall kunna anpassas till olika markförhållanden. Handhavandet av maskinkonceptet har också utvecklats. Operatörernas roll verkar bli allt tydligare, de måste vara motiverade att lära sig rätt handhavande och körmetodik för att kunna utnyttja maskinen till fullo (Tolblad 2005). Dessutom medför kompletterande teknisk utrustning som rätt placerad belysning och GPS (bl.a. för att kunna se de tidigare planteringslagen) att operatören gör ett bättre arbete (Tolblad 2005). Basmaskinens inverkan på resultatet verkar också ha tydliggjorts. Äldre maskiner som saknar medsvängande hytt, samt där operatören sitter långt från kranen kan sänka produktiviteten eftersom operatören sitter långt från aggregatet, vilket gör det svårt att finna lämpliga planteringspunkter och se naturligt föryngrade plantor. En viktig åtgärd borde vara att enbart använda maskiner med medsvängande hytt (t.ex. drivaren eller bandgrävare) som underlättar operatörens arbete (Tolblad 2005).

Sammantaget borde den tekniska utvecklingen medföra att det biologiska resultatet av dagens föryngringar med EcoPlantern torde bli minst lika bra som i de studerade bestånden.



## 5. Slutsatser

Sju till nio år efter planteringstidpunkten kan man inte se några etablerings- eller tillväxtskillnader, varken för gran eller tall, mellan studerade bestånd som föryngrats med det skonsamma mekaniserade markberednings-/planteringskonceptet EcoPlanter, och konventionellt harvade bestånd som planterats manuellt. Detta gäller för både höjd- och diametertillväxt samt trädegenskaper som störning i apikal dominans/rakhet. Skillnader mellan trädslagen (oavsett föryngringsmetod) beror främst på viltbete. I studiens tallbestånd är det risk för en betydande produktionsförlust eftersom viltet/älgen orsakat stora skador som kan påverka både vedens kvistkvalitet och stamrakheten.

Trots EcoPlanterns skonsamma markberedning där endast ca 10 % av markytan påverkas, jämfört med harvens ca 50 % påverkan finns inga indikationer på långsiktiga tillväxtskillnader mellan föryngringsmetoderna. Detta gör aggregatet speciellt lämpligt för plantering på känsliga marker där minimal markpåverkan eftersträvas. Exempel på sådana marktyper kan enligt Skogsvårdslagens 31 § vara lavhävande marker (studien har dock inte inkluderat lavtyper), eftersom dessa är viktiga vinterbetesmarker för rennäringens fortlevande. Även certifieringssystemet PEFC betonar vikten av att skogsbrukets aktiviteter skall minimera djupa sår, erosion och näringsläckage, vilket till stor del undviks med detta skonsamma föryngringsalternativ.

Trots harvens radikala markpåverkan, som bör gynna självföryngring av både barr- och lövträd, fanns det inte fler självföryngrade stammar i harvade bestånd jämfört med de EcoPlanterföryngrade. Anledningen kan vara att en stor del av de naturligt uppkomna plantorna förstörs vid harvningen. EcoPlanterns ringa markpåverkan, i kombination med operatörens möjlighet att välja lämpliga planteringspunkter gör konceptet lämpligt för kompletteringsplantering i självföryngrade bestånd med ojämn plantfördelning. Detta kan leda till en reducerad föryngringskostnad och ett högre stamantal per hektar av gagnvirkesproducerande träd.

## 6. Tack

Det här arbetet har utförts på uppdrag åt Holmen Skog AB, som under många år drivit utvecklingen av EcoPlanter-konceptet vidare.

Det är många som hjälpt mig med tips, idéer och synpunkter under det här arbetets gång, och för det mesta har det hjälpt mig i rätt riktning. Ni ska alla ha ett stort tack för er hjälp under den här tiden. Vid Holmen Skog vill jag framförallt tacka min kontaktperson Anders Tolblad som alltid med kort varsel hjälpt mig då jag kommit med frågor och funderingar. Jag vill även passa på att tacka Göran ”Bobben” Johansson för all hjälp i samband med fältstudierna i Östergötland. Samt en tanke till samtliga på distriktet i Delsbo som varit en god kunskapsbank under arbetets inledande del. Slutligen vill jag tacka Urban Bergsten vid SLU i Umeå för all handledning och guidning genom skrivandets alla faser.

## 7. Referenser

Bergsten, U. Normark, E. Öhman, L och Norr, M. 2000. Permetrinbehandling av skogsplanter i samband med maskinell plantering med EcoPlanter. – Rapport till kemikalieinspektionen 2000-01-05.

Bäckström, P-O. 1978 a. Maskinell plantering – Förutsättningar, teknik, prestationer och kostnader. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten 1978.

Bäckström, P-O. 1978 b. Maskinell plantering – En litteraturstudie av skogsodlingsarbetets tekniska utveckling. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Meddelande nr 12. 1977.

Charlesworth, E. Fredriksson, M. och Wilhelmsson, O. 1996. EcoPlantern – fysiska och biologiska resultat efter första växtsäsongen. ForeCare AB.

Charlesworth, E. Fredriksson, M. och Wilhelmsson, O. 1999. EcoPlantern – fysiska och biologiska resultat efter fjärde växtsäsongen. ForeCare AB. Rapport 1999:01.

EcoFräsen AB. 2000. EcoPlanter 2000 – Planteringsmaskin som hjälper dig ta hänsyn till miljökraven på ett rationellt sätt. Broschyr.

Eidmann, H. Klingström, A. 1990. Skadegörare i skogen. ©Författarna och LTs förlag 1990. Centraltryckeriet AB, Borås. ISBN 91-36-02004-4.

ForeCare AB. 2001. EcoPlanter – A summary of reports and studies on the EcoPlanter 2000 published between 1995 and 2000. ISRN: FORECARE – R – 2001/013.

ForeCare AB. 2003. Jämförande försök mellan EcoPlanter och konventionell markberedning och plantering – Resultat efter fyra växtsäsonger. ISRN ForeCare-R—2003/003.

ForeCare AB. 2001. Jämförande försök mellan EcoPlanter och manuell plantering samt mellan två typer av snytbaggesskydd – Resultat efter andra växtsäsongen. ISRN ForeCare-R—2001/009.

ForeCare AB. 2000. Jämförande försök mellan EcoPlanter och manuell plantering samt mellan två typer av snytbaggesskydd – Resultat efter första växtsäsongen. ISRN ForeCare-R—2000/020.

Fryk, F. 1989. Markberedningsteknik – Slutrapport från ett av Nordiska Skogsstudiernas Råd genomfört forskningsprojekt 1985-88. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. redogörelse nr 4. 1989.

Gammel, P. och Nyström, K. 1987. Hjälpplantering i granbestånd. Skogsfakta nr 42 1987.

Hallonborg, U. och von Hofsten, H. 1995. Maskinell plantering med Silva Nova – nuvarande status samt utvecklingsmöjligheter i jämförelse med manuell plantering. SkogForsk. Redogörelse nr 6. 1995.

- Hallsby, G. 1994. Growth of planted Norway spruce seedlings in mineral soil and forest organic matter – plant and soil interactions for soil preparation. SLU. Institutionen för skogsskötsel. ISBN 91-576- 4841-7
- Lavsund, S. 2003. Skogsskötsel och älgskador i tallungskog. SkogForsk. Resultat nr 6.
- Lavsund, S. 2000. Älgstammens utveckling i Sverige samt in internationell utblick. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademins tidsskrift. Årg 139. Nr 2.
- Maller, F. och Fräås, A. Högläggning kontra harvning i kärva klimatlägen. SLU, Norra Skogsinstitutet. Examensarbete 1996:5
- Mattsson, S. 2002. Effects of Site Preparation on Stem Growth and Clear Wood Properties in Boreal *Pinus Sylvestris* and *Pinus Contorta*. SLU. *Silvestria* 240. 2002.
- Mattsson, S. 1999. Effects of Plant Establishment on Tree- and Wood Properties of Pine – A review. SLU. *Skog & Trä*. 1999:4 ISBN: 91-576-5964-8
- Mattsson, S. 1997. EcoPlanter – Planteringsmaskin med fräs. Skogforsk Resultat nr 4.
- Mattsson, S., von Hofsten, H., Hallonborg, U. och Granlund, P. 1996. EcoPlanter – Studie av kranspetsmonterat planteringsaggregat. SkogForsk, Arbetsrapport nr: 339.
- Normark, E. och Öberg, U. 2003. Minnesanteckningar från seminarium kring Mekaniserad återväxt, Arken Konferens, Örnsköldsvik 9 oktober 2003. Skogsvårdsavdelningen Holmen Skog AB.
- Näslund, B-Å. 1989. Simulering av skador och avgång i ungskog och deras betydelse för beståndsutvecklingen. SLU. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter nr 18
- PEFC / 05-1-1. 2004. Tekniskt dokument. PEFC TD 2004-04-19
- Rosvall, O. och Normark, E. 2005. Ökade virkesuttag och större skogsproduktion i Holmens skogar. Preliminär version 2005-11-29. SkogForsk och Holmens skogsvårdsavdelning 2005.
- Skogsstyrelsen. 2001. Skogsvårdslagen-Handbok. Skogsstyrelsens förlag 2001. ISBN-91-88462-39-0.
- Sugg, A. 1990. Seedling establishment results from a site preparation study in southern Sweden: The first four years survival and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* (L.)) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) SLU. Institutionen för Skogsskötsel. Rapporter nr 31.
- Svenska FSC-arbetsgruppen. 1997. Svensk FSC-standard för certifiering av skogsbruk. 24 september 1997.
- Sönsteby, F. Och Kohmann, K. 2003. Försök med maskinell plantering på östlandet – Projektet ”maskinell plantering” (PMP). SkogForsk Oppdragsrapport 3/03.

Tolblad, A. 2005. Resultat EcoPlanter 2004 & 2005. Skogsvårdsavdelningen Holmen Skog AB 2005.

Örlander, G. Gemmel, P. och Wilhelmsson, C. 1991. Markberedningsmetodens, planteringsdjupets och planteringspunktens betydelse för plantors etablering i ett område med låg humiditet i södra Sverige. SLU. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter nr 33.

Örlander, G. 1987. Effects of site preparation on the development of planted seedlings in northern Sweden. IUFRO S1: 05-12 Symposium, Lapland Finland.

*Personlig kommunikation*

Aretorn, M, Jacobsson, P-G, Persson, B, Tolblad, A, Ångman, H, Österman, B. Delsbo 2005-04-16. Telefon: 0653-16872. Adress: Torggatan 1. 820 60 Delsbo. Planeringsmöte för säsongen 2005. Holmen Skog AB.

Nilsson, S. EcoFräsen AB. Telefon: 0912-61127. Adress: Mantelgatan 11. 930 47 Byske. Information angående EcoPlanternas utveckling och tidigare modeller. 2005.

Normark, E. Holmen Skog AB. Telefon: 0660-75460. Adress: Holmen Skog AB 891 80 Örnsköldsvik. Örnsköldsvik 2005-11-29.

Johansson, G. Holmen Skog AB. Distrikt egen skog Norrköping. Telefon: 011-126692. Adress: Kansligatan 10. 602 10 Norrköping. Information om tidiga planteringar på Holmen Skogs marker. 2005.

Persson, B. Maskinförare BP Skog AB. Telefon: 0653-22028. Adress: Svågavägen 23. 820 62 Bjuråker. Under praktisk körning med aggregatet säsongen 2005.

*Internet*

BrackeForest AB, 2005. Företagets produktkatalog på Internet (<http://www.brackeforest.com>). 2005-11-14.

## Bilaga 1

### Beståndslista tall

Par nr	Karta	Bestånds nr.	Planteringsår	Areal (ha)	SI	Bonitet	G	Y	L	vt	Ja	mf
1 EP	650149	2756	-98	2,4	T23	5,5	2	4	2	34	12	1
1 ref	650148	3882	-98	5,0	T23	5,5	3	3	1	34	13	2
2 EP	650149	3839	-96	12,3	T21	4,7	2	2	1	33	12	2
2 ref	650149	0235	-96	21,4	T22	5,1	3	2	1	33	14	2
3 EP	650149	0837	-96	13,5	T20	4,3	2	2	1	33	23	2
3 ref	650150	6502	96	2,6	T22	5,1	2	2	1	33	13	1
4 EP	650148	6337	-96	7,7	T22	5,1	3	2	1	33	14	2
4 ref	651151	7435	-96	3,8	T22	5,1	2	3	1	34	12	2
5 EP	650148	6047	-96	4,7	T24	5,9	3	3	1	41	13	2
5 ref	650148	4143	-96	12,8	T24	5,9	3	2	1	34	12	2
6 EP	651150	5127	-96	20,6	T25	6,4	2	2	1	41	12	2
6 ref	651149	1031	-96	5,9	T25	6,4	2	2	2	41	12	2
7 EP	651150	4839	-96	15,5	T25	6,4	3	2	1	34	12	2
7 ref	651151	8395	-96	3,5	T25	6,4	2	2	2	34	13	2

**Bilaga 2****Beståndslista gran**

Par nr	Karta	Bestånds nr.	Planteringsår	Areal (ha)	SI	Bonitet	G	Y	L	vt	Ja	mf
8 EP	651146	3154	-97	5,0	G28	8,0	3	2	1	34	13	2
8 ref	652150	5420	-97	9,1	G29	8,0	2	3	1	34	12	2
9 EP	651146	2253	-97	2,5	G31	10,7	2	1	1	62	13	2
9 ref	650148	2448	-97	4,1	G29	9,1	4	3	1	41	14	2
10 EP	649149	9233	-97	2,4	G29	9,1	3	3	1	42	14	2
10 ref	651149	7254	-97	3,2	G30	9,1	2	3	1	42	12	2
11 EP	650153	9854	-97	6,5	G29	9,1	3	3	1	34	14	2
11 ref	651151	0525	-97	2,6	G30	9,1	3	2	1	41	13	2
12 EP	649148	9752	-97	17,3	G28	8,0	3	3	1	34	24	2
12 ref	651150	3869	-97	5,7	G29	8,0	2	2	1	34	13	2
13 EP	650148	6448	-97	8,8	G29	9,1	3	3	1	41	13	2
13 ref	650148	8432	-97	1,9	G30	9,1	4	3	1	42	14	2
14 EP	651150	9674	-97	6,6	G28	8,0	2	3	1	34	12	2
14 ref	650148	3346	-97	5,3	G29	9,1	3	3	2	41	13	2